

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26630405

研究課題名(和文)生活の場で発生する振動エネルギーで誘起する触媒反応システムの開発

研究課題名(英文)Development of catalytic system using vibration energy generated in real-life situation

研究代表者

山添 誠司(YAMAZOE, SEIJI)

東京大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：40510243

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文):振動エネルギーを化学エネルギーに直接変換するための新しい振動触媒反応システムの開発に取り組んだ。圧電素子を振動させ、かつそこで触媒反応が行える振動触媒反応装置を開発した。振動触媒反応装置で圧電素子が振動により電位を発生できることを確認した。また、振動エネルギーで触媒反応が促進していることを示唆するデータが得られた。

研究成果の概要(英文):The new vibration catalytic system, which directly changes the vibration energy into chemical energy, was developed. The vibration catalytic reactor was designed and the catalytic reaction was carried out using this reactor by the vibration of piezoelectric device. The generation of electronic potential was confirmed from the piezoelectric device using this reactor. In addition, it was suggested that the catalytic reaction is enhanced over vibration catalysts by vibration.

研究分野:触媒化学

キーワード:圧電素子 圧電材料 共振 触媒 振動

1. 研究開始当初の背景

低炭素化社会の実現に向け、未使用エネルギーの有効利用技術の確立が急務となっている。生活の場で発生する振動エネルギーは未使用エネルギーの1つで、圧電材料による振動発電応用に向けた研究が精力的に行われているが、他の利用方法は検討されていないのが現状である。そこで、本研究課題では、振動エネルギーの新しい利用方法として、振動エネルギーで誘起する新規触媒反応システムの開発を行い、振動エネルギーを物質変換のための化学エネルギーに変換する新しい技術の確立に挑戦する。

2. 研究の目的

振動エネルギーで誘起する新規触媒反応システムを構築するためには振動エネルギーを効率良く化学エネルギーに変換する触媒の開発が必要である。本研究では、以下に示す2つの構造因子を制御することで高活性な振動触媒を開発し、触媒性能評価を行う。

1. 共振周波数で高い電位を発生する振動触媒用圧電薄膜の開発

2. 圧電薄膜表面に金属種を固着させることによる振動触媒の開発

触媒性能評価のモデル反応としてアルコール酸化反応や色素の分解反応を行う。圧電薄膜の特性と触媒活性の相関を明らかにすることで振動触媒システムの開発を目指す。

3. 研究の方法

・振動触媒用圧電素子

Pb(Zr, Ti)O₃ (PZT) 粉末を圧縮成形、高温焼成したのち、表面を研磨することで PZT 圧電セラミックス素子を作製した。素子表面には銀電極を湿布して分極処理をすることで圧電特性を向上させた。また、低い周波数で振動発電可能な PZT 圧電薄膜は市販

のものを使用した。

・振動触媒反応システム

圧電膜基板を目的の振動数で振動させるとともに、触媒反応を行える触媒反応システムを開発した。振動装置としてはエミックス社製の振動発生装置を用いた。触媒反応にはアルミ製の容器を採用し、ガスの導入・排気口をとりつけた。また触媒を固定するための治具を反応容器内に取り付けた。総重量は 2 kg であり、装置の限界重量である 3 kg 以内に収まった。

・振動触媒反応

振動触媒活性を調べるためにテスト反応としてアルコール酸化反応および色素の分解反応を行った。アルコール酸化反応では反応容器内へのアルコール蒸気の導入、もしくは溶媒を用いた反応を行った。色素の分解では素子表面に色素を吸着させ、分解反応を行った。

4. 研究成果

・振動触媒用圧電素子

作製した PZT 圧電セラミックスについてはその圧電特性を評価した。密度は 7.9 g/mL であり、ほぼ理論密度のセラミックスであることが確認できた。次に d33 メータを用いて圧電特性を調べたところ、d33=500 pC/N、k33=50-60%と非常に高い圧電特性を示すことがわかった。

一方、市販の PZT 薄膜は鉄板の板の上に PZT 厚膜が固着しており、さらにその上に銀電極が塗られている。厚膜は数マイクロメートル程度であるが非常に絶縁性が高く、電圧が 5-10 V かかっても短絡電流が流れないことを確認した。次にこれら圧電素子の振動時における圧電特性を調べた。

・振動触媒反応システムを用いた各圧電素子の振動時の特性評価

最初に開発した PZT 圧電セラミックスの振動時における電位発生量を調べた。作製

した PZT 圧電セラミックスは 30mmX20mmX1 mm のサイズの素子である。共振周波数を調べたところ、300-500 Hz の間に共振周波数が存在することがわかった。この振動領域では振動時の振れ幅が 1 mm 以下になるため、大きな加振力を素子に与えることができず、発生電位は 1 V 以下であった。鉄板のような密度が高く、薄くてもしなやかに曲がる板の上に PZT セラミックスを固定すれば共振周波数を下げることができるため、より大きな電位を得ることができると考えられる。

次に、購入した PZT 圧電素子の振動時の特性を評価した。購入した素子は 25mmX12mmX0.1 mm のサイズの素子である。共振周波数を調べたところ、100-200 Hz の間に共振周波数が存在した。発生電位は加振力にもよるが、装置の電流値が 1 A の時に 2-5 V 程度の電位が発生していた。一方、共振周波数から 10 Hz 以上ずれると発生電位は急激に減少し、発生電位はほぼ 0 V になった。以上より、PZT 圧電素子を使えば、低い周波数で高い電位を得られることが明らかになった。そこで、この素子を用いて振動触媒反応を行った。

・振動触媒反応

触媒反応の様子を図 1 に示す。PZT 圧電素子を治具に固定し、所定の共振周波数で振動させることで触媒反応を行った。アルコール酸化反応ではアルコールの飽和蒸気圧もしくは溶媒中で振動素子を共振させて反応を行った。飽和蒸気圧中での反応では、触媒反応が進行していることを確認することができなかった。一方、溶媒中での反応では、共振振動により反応中に溶媒が蒸発して液面の高さを保つことができなかったため、共振条件が反応中に変化してしまい、一定の条件で反応を行うことができなかった。最も酸化されやすいインダノールの酸化反応も行ったが、振動触媒により反応が

進行した証拠を得ることはできなかった。

そこで、色素の分解反応による触媒評価を行った。色素を PZT 圧電素子の表面に吸着させたのち、共振条件で反応を行った。空气中で反応を行ったところ、色素の分解が進行した。分解量は振動なしの条件よりも僅かに多く、振動により色素の分解反応が促進されたことが示唆された。今後、振動触媒による反応の促進の有無を確定させるため、触媒反応実験を詳細に行う予定である。

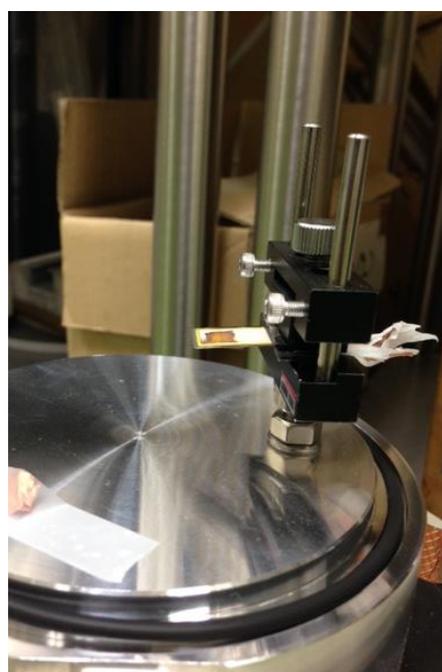


図 1 振動触媒反応システム

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

(1) Shun Hayashi, Seiji Yamazoe, Kiichirou Koyasu, Tatsuya Tsukuda, “Application of group V polyoxometalate as an efficient base catalyst: a case study of decaniobate clusters”, *RSC Advance*, **6**, 16239-16242 (2016). (査読あり). DOI: 10.1039/C6RA00338A)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

[http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/
chemreact/member_yamazoe.html](http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/chemreact/member_yamazoe.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山添 誠司 (YAMAZOE Seiji)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号：40510243

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし